
Gasdarstellungsverfahren im Chemieunterricht

Von Lutz Stüdel und Holger Wöhrmann

1. Einleitung

Unter den Nichtmetallen und ihren Verbindungen finden wir zahlreiche gasförmige Stoffe. Die Behandlung von Gasen im Chemieunterricht erfolgt unter verschiedenen Aspekten und Fragestellungen, wie z. B.

- Kinetische Gastheorie
- Gasgesetze
- Nichtmetalle und Nichtmetallverbindungen
- Gasreaktionen
- Endprodukte chemischer Reaktionen
- leicht flüchtige Molekülverbindungen usw.

Das aber hat zur Folge, daß Gasen und Gasdarstellungsverfahren in den einzelnen Bereichen unterschiedliche Stellenwerte zugewiesen werden und ihre Behandlung innerhalb wechselnder Systematiken erfolgt. Beispielweise können die Gase HCl und NH₃ angesprochen werden:

- im Rahmen der Gasgesetze und der kinetischen Gastheorie
- als Beispiele für Verbindungen der V. und VII. Hauptgruppe des Periodensystems
- im Rahmen der Säure-Base-Theorien
- als Molekülverbindungen u. a. m.

Ältere Schulbücher, die noch systematisch stofforientiert sind, bevorzugen in der Regel die Abhandlung eines Elements nach dem anderen einschließlich seiner wichtigsten Verbindungen. Gase treten damit isoliert auf; Gemeinsamkeiten etwa der Darstellungsverfahren von Gasen werden nicht erarbeitet und angesprochen. Diese Einteilung nach chemischen Gesichtspunkten erscheint nicht immer sinnvoll. Besonders für die Schulpraxis stellt sich eher das Problem, Gase — zu ihrer Untersuchung oder weiteren Verwendung — zunächst einmal nach einem befriedigenden Verfahren herzustellen. Damit verlieren wir keineswegs systematischen Boden zugunsten eines handwerklichen Rüstzeugs:

Die den Gasen gemeinsamen physikalischen Eigenschaften verlangen geradezu eine geschlossene Behandlung ihrer Darstellungsverfahren.

Im folgenden soll versucht werden, ein Einteilungs- oder Ordnungsprinzip der für den Chemieunterricht wichtigsten Gasdarstellungsverfahren zu entwickeln. Die am häufigsten benötigten Gase werden in dieses Ordnungsschema eingefügt und einige Beurteilungskriterien für den Einsatz der unterschiedlichen Verfahren im Unterricht ausgearbeitet.

2. Verfahren und Apparaturen zur Darstellung von Gasen

Zur Herstellung von Gasen werden hauptsächlich die folgenden Reaktionen herangezogen:

- Einwirkung von Flüssigkeiten auf Festkörper
- Reaktionen von Flüssigkeiten miteinander
- elektrolytische Zersetzungen
- thermische Zersetzungen
- Einwirkung von Gasen auf Festkörper

Diese ebenso wichtige wie triviale Feststellung bestimmt entscheidend die Darstellungsmethode und den apparativen Aufwand.

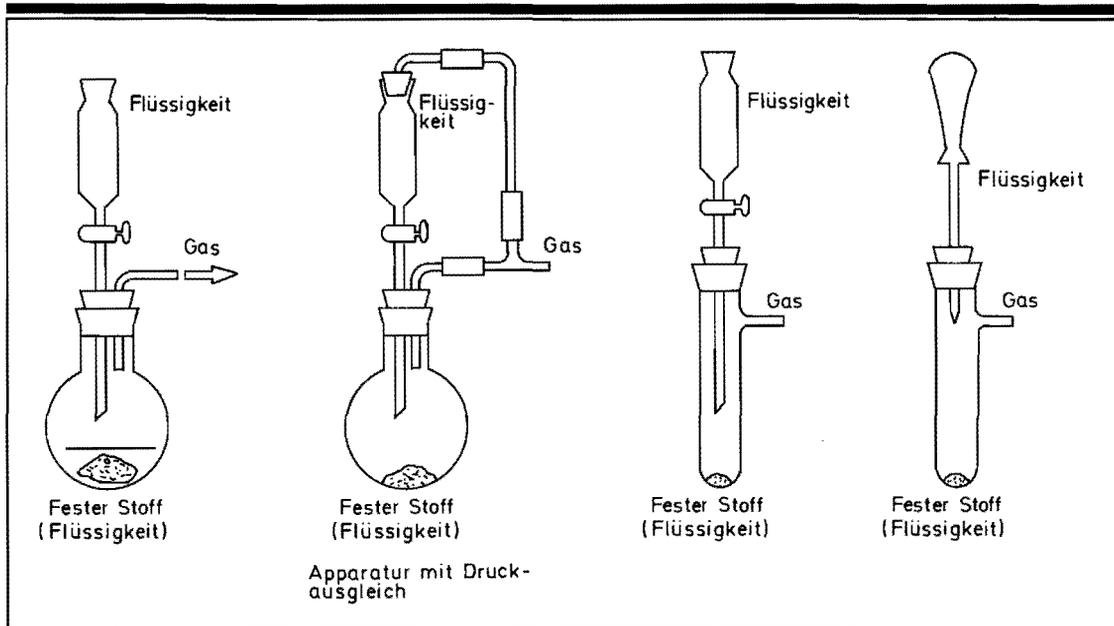
2.1. Gasdarstellung durch Einwirkung von Flüssigkeiten auf Festkörper

Zur Durchführung derartiger Reaktionen können für die Schul- und Laboratoriumspraxis zwei Verfahren empfohlen werden:

- eine einfache Gasentwicklungsapparatur (Abb. 1) und
- der Kippsche Apparat (Abb. 2).

2.1.1. Einfache Gasentwicklungsapparaturen
Abbildung 1 zeigt unterschiedliche Versionen einer einfachen Gasentwicklungsapparatur [1, S. 126].

Zur Durchführung der Reaktion verwendet man zweckmäßig ein je nach der gewünschten Gasmenge dimensioniertes Reaktionsgefäß (Reagenzglas mit seitlichem Ansatz, Kolben etc.), das neben einem Gasableitungsrohr gegebenfalls noch mit einer aufgesetzten Zutropfeinrichtung (Pipette, Tropftrichter) versehen ist und bei Bedarf erhitzt werden kann. Die Flüssig-



keit läßt man langsam auf den Feststoff auf-tropfen. Beim Anschluß von Gaswaschflaschen an die Apparatur sollte man einen Gasentwickler mit Druckausgleich verwenden. Die genannten Geräte sind recht praktisch, müssen jedoch vor jedem Versuch gereinigt und neu beschickt werden.

2.1.2. Kippscher Apparat

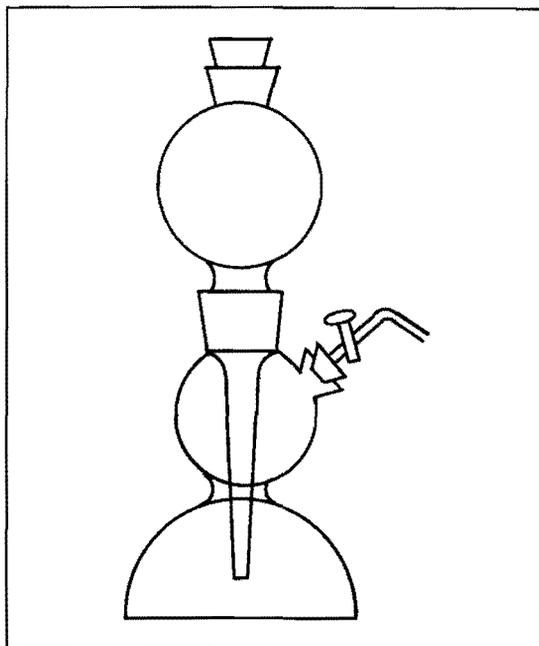
Wird ein Gas über einen längeren Zeitraum für verschiedene Experimente benötigt, so empfiehlt sich seine Darstellung im Kippschen Apparat (Abb. 2), der zu den kontinuierlichen Gasentwicklungsgeräten gehört.

„Er besteht aus einem Kugeltrichter und einem Gasentwicklungsgefäß aus zwei weiteren Kugeln. Trichter und Entwicklungsgefäße sind durch einen Glasschliff derart miteinander verbunden, daß das lange Ansatzrohr des ersteren bis in den unteren Teil des letzteren hineinragt, ohne dabei die Verbindung der beiden Kugeln des Entwicklungsgefäßes zu unterbrechen. In der mittleren der drei Kugeln befindet sich der Feststoff, die obere und untere Kugel enthalten die Flüssigkeit. Öffnet man den Hahn der mittleren Kugel, so fließt infolge des Überdrucks der Flüssigkeiten diese aus der oberen in die untere Kugel, gelangt so schließlich mit dem Feststoff der mittleren Kugel in Berührung und setzt sich mit diesem unter Entwicklung des herzustellenden Gases um. Schließt man den Hahn, so wird durch die zunächst noch fort-dauernde Gasentwicklung die Flüssigkeit aus der mittleren Kugel auf dem Wege über die untere

Abb. 1: Einfache Gasentwicklungsapparaturen [1]

Kugel und das Ansatzrohr des Kugeltrichters in diesen zurückgedrängt, so daß die Berührung zwischen Flüssigkeit und Feststoff unterbrochen wird und die Gasentwicklung zum Stillstand kommt. Auf diese Weise ist man in der Lage, durch einfaches Öffnen und Schließen des

Abb. 2: Kippscher Apparat



Hahns die Gasentwicklung in Gang zu bringen oder zu unterbrechen“ [2, S. 39].

2.2. Gasdarstellung aus Flüssigkeiten

Zur Darstellung von Gasen durch Reaktion zweier Flüssigkeiten empfehlen sich die unter 2.1.1. genannten einfachen Gasentwicklungsgeräte, wobei eine Flüssigkeit auf die andere aufgetropft wird.

2.3. Gasdarstellung durch elektrolytische Zersetzung einer Flüssigkeit

Führt die elektrolytische Zersetzung von Flüssigkeiten zur Bildung gasförmiger Endprodukte, so eignen sich für die Versuchsdurchführung einfache U-Rohre oder ein *Hofmann'scher* Zersetzungsapparat.

Derartige Elektrolysen sind jedoch im Unterricht wegen der oft geringen Ausbeute und des apparativen Aufwandes weniger zur präparativen Darstellung größerer Gasmengen als vielmehr zur einfachen Demonstration elektrolytischer Vorgänge geeignet.

2.4. Gasdarstellung durch thermische Zersetzung

In manchen Fällen kann man die thermische Zersetzung von Feststoffen oder Flüssigkeiten zur Gasgewinnung heranziehen. Solche Reaktionen führt man am einfachsten in schwer schmelzbaren Reagenzgläsern mit einem Ansatz zur Gasableitung oder in Verbrennungsrohren durch.

2.5. Gasdarstellung durch Einwirkung von Gasen auf Festkörper

Besonders geeignet ist der Einsatz von Verbrennungsrohren bei der Darstellung von Gasen durch Gas-Festkörper-Reaktionen. Dabei wird der Feststoff unter gleichzeitigem Überleiten des gasförmigen Reaktionspartners im Verbrennungsrohr erhitzt und so das gewünschte Gas erzeugt.

3. Reinigen und Trocknen von Gasen

Die nach einer der vorgenannten Methoden dargestellten Gase müssen vor ihrer Verwendung meist gereinigt und getrocknet werden. Flüssige Trocken- bzw. Reinigungsmittel setzt man in Gaswaschflaschen, feste in Trockenrohren ein. Neben einer Vielzahl von Wasch- und Reinigungsflüssigkeiten werden zur Trocknung von Gasen in erster Linie konz. Schwefelsäure und festes Calciumchlorid herangezogen. Zur Vermeidung von Unfällen ist die Auswahl der

Wasch- und Trockenmittel genau zu überdenken (NH_3 z. B. wird mit Natronkalk getrocknet).

4. Auffangen von Gasen

Als Auffanggefäße werden im Schulunterricht meist Standzylinder benutzt, die, mit einer Sperrflüssigkeit gefüllt, in einer pneumatischen Wanne stehen. Das aufzufangende Gas sollte nicht merklich in der Sperrflüssigkeit löslich sein. Speziell zur Durchführung quantitativer Versuche eignen sich Kolbenprober zum Auffangen und dosierten Einsatz von Gasen.

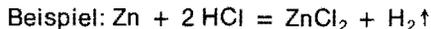
5. Ordnungsschema¹⁾

Im folgenden werden die wichtigsten Darstellungsverfahren derjenigen Gase, die häufig im Chemieunterricht benötigt werden, nach den vorab beschriebenen Kriterien eingestuft. Für diese Aufzählung ist jeweils in Symbolen angedeutet, welches Gasentwicklungsgerät zweckmäßig ist. In Ausnahmefällen wird auf spezielle Geräte und Verfahren verwiesen. Es bedeuten:

- G** Einfacher Gasentwickler
- K** Kippscher Apparat
- E** Elektrolyseapparat
- T** Apparatur zur thermischen Zersetzung
- V** Verbrennungsrohr
- S** Spezielle Geräte (und Verfahren)

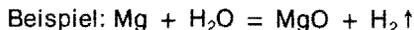
5.1. Wasserstoff

K, G Einwirkung verd. Säuren auf unedle Metalle.



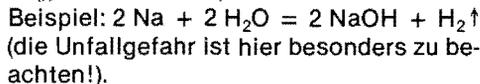
G $2 \text{Al} + 2 \text{KOH} + 6 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3 \text{H}_2 \uparrow$

G Reduktion von Wasserdampf durch erhitzte unedle Metalle.



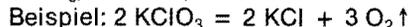
E Elektrolyse von Wasser

S Reduktion von Wasser durch Alkalimetalle („Natriumlöffel“).



5.2. Sauerstoff

T Thermische Zersetzung von KMnO_4 , KClO_3 , Nitraten, Oxiden.



Anmerkungen

¹⁾ Aus Gründen der Zweckmäßigkeit werden in diesem Abschnitt die bei präparativen Anleitungen üblichen Bruttoreaktionsgleichungen formuliert. Einige der aufgeführten Reaktionen führen zwar zur Bildung der gewünschten Gase, sind an sich aber keine Darstellungsverfahren (z. B. Chlorknallgasreaktion).

- G** Oxidation oder Zersetzung von H_2O_2 .
 Beispiel: $2 \text{KMnO}_4 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 + 5 \text{H}_2\text{O}_2$
 $= 2 \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8 \text{H}_2\text{O} + 5 \text{O}_2$
 Zersetzung von H_2O_2 mit MnO_2 :
 $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$
- E** Elektrolyse von Wasser

5.3. Stickstoff

- V** Stickstoffgewinnung aus der Luft [3, S. 141]
- T** Zersetzung von NH_4NO_2 :
 $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaNO}_2 = \text{NH}_4\text{NO}_2 + \text{NaCl}$
 $\text{NH}_4\text{NO}_2 = \text{N}_2 \uparrow + 2 \text{H}_2\text{O}$

5.4. Chlor

- G** Umsetzung von Salzsäure mit starken Oxidationsmitteln.
 Beispiel: $\text{MnO}_2 + 4 \text{HCl} = \text{MnCl}_2$
 $+ 2 \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 \uparrow$
- K** Umsetzung von Chlorkalk mit Salzsäure:
 $\text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl} + 2 \text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$
 \uparrow
- E** „Chloralkalielektrolyse“, Elektrolyse von Chloridlösungen [4, S. 288]

5.5. Chlorwasserstoff

- G** Erhitzen von konz. Salzsäure
- G, K** Umsetzung von Chloriden mit halbkonzentrierter Schwefelsäure.
 Beispiel: $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{SO}_4$
 $= \text{NH}_4\text{HSO}_4 + \text{HCl} \uparrow$
- S** Synthese aus den Elementen [4, S. 81]
- G** Zutropfen von konz. Schwefelsäure zu konz. Salzsäure

5.6. Ammoniak

- G** Erhitzen von konzentrierter Ammoniaklösung
- G** Zutropfen von konz. Ammoniak zu festem Natriumhydroxid
- G** Umsetzung von Ammoniaksalzen mit schwerflüchtigen Basen.
 Beispiel: $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{KOH}$
 $= \text{KCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 \uparrow$
- S** Modellversuch: Haber-Bosch-Verfahren [3, S. 151—154]
- G** Reduktion von Nitraten in alkalischer Lösung: $4 \text{Zn} + \text{NO}_3^- + 7 \text{OH}^- + 6 \text{H}_2\text{O}$
 $= \text{NH}_3 + 4 [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$

5.7. Kohlenmonoxid

- G** Entwässerung von Ameisensäure mit konz. Schwefelsäure:
 $\text{HCOOH} = \text{CO} \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- T** Zersetzung von Oxalsäuredihydrat:
 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} = \text{CO} \uparrow + \text{CO}_2 \uparrow + 3 \text{H}_2\text{O}$
- V** Reduktion von Kohlendioxid:
 $\text{CO}_2 + \text{C} = 2 \text{CO}$

5.8. Kohlendioxid

- K, G** Umsetzung von Carbonaten mit Salzsäure.
 Beispiel: $\text{CaCO}_3 + 2 \text{HCl}$
 $= \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
- T** Thermische Zersetzung von Carbonaten („Kalkbrennen“):
 $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$
- G** Umsetzung von Carbonatlösungen mit halbkonz. Schwefelsäure:
 $2 \text{KHCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$
 $= \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{CO}_2 \uparrow$

5.9. Schwefeldioxid

- G, V** Verbrennen von Schwefel:
 $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$
- G** Reduktion von Schwefelsäure:
 $\text{Cu} + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2 \text{H}_2\text{O}$
- V** Rösten sulfidischer Erze:
 $4 \text{FeS}_2 + 11 \text{O}_2 = 2 \text{Fe}_2\text{O}_3 + 8 \text{SO}_2 \uparrow$
- G** Darstellung aus Sulfiten:
 $\text{NaHSO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$
 $= \text{NaHSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$

5.10. Schwefelwasserstoff

- K, G** Umsetzung von Sulfiden mit Salzsäure:
 $\text{FeS} + 2 \text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S} \uparrow$
- V** Synthese aus den Elementen
- T** Gemeinsames Erhitzen von Schwefel und Paraffin

5.11. Stickstoffdioxid

- T** Thermische Zersetzung von Schwermetallnitraten:
 $2 \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = 2 \text{PbO} + 4 \text{NO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$
- V** Katalytische Oxidation von Ammoniak
- G** Reduktion von Salpetersäure mit Metallen:
 $\text{Cu} + 4 \text{HNO}_3 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{NO}_2 \uparrow$
 $+ 2 \text{H}_2\text{O}$

5.12. Methan

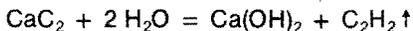
- G** Umsetzung von Aluminiumcarbid mit Wasser:
 $\text{Al}_4\text{C}_3 + 12 \text{H}_2\text{O} = 3 \text{CH}_4 \uparrow + 4 \text{Al}(\text{OH})_3$
- G** Umsetzung von Natriumacetat mit Natronkalk:
 $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CH}_4 \uparrow$

5.13. Äthylen

- G** Erhitzen von Äthanol mit konz. Schwefelsäure:
 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{C}_2\text{H}_5-\text{O}-\text{SO}_3\text{H}$
 $+ \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 \uparrow + \text{H}_2\text{SO}_4$

5.14. Acetylen

G Umsetzung von Calciumcarbid mit Wasser:



6. Bewertungskriterien

Wie in der Einleitung ausgeführt, werden Gase im Chemieunterricht unter ganz verschiedenen Aspekten eingesetzt. Es ist einsichtig, daß sich der Verwendungszweck und die unterrichtlichen Intentionen auf die Auswahl der jeweils günstigsten Darstellungsmethode des betreffenden Gases auswirken. Damit ist bereits festgestellt, daß es in der Regel das optimale Darstellungsverfahren für ein Gas nicht gibt. Die Einschränkung der zur Verfügung stehenden Methoden ergibt sich aus dem konkreten Zusammenhang der Anwendung und kann nach verschiedenen didaktischen Gesichtspunkten erfolgen. Die unten kurz dargestellten Kriterien zur Bewertung von Gasdarstellungsverfahren sollen in diesem Sinne dem Lehrer eine gezielte und rasche Auswahl von geeigneten Versuchen für die Unterrichtspraxis erleichtern.

— Verständlichkeit:

Ist die Reaktion geeignet, dem Schüler das Prinzip der betreffenden Gasdarstellung einsichtig zu machen! Ist der Aufbau der Apparatur für einen Schüler überschaubar? Sind die verwendeten Chemikalien dem Schüler bekannt? Oder handelt es sich bei dem Verfahren um eine „elegante“ Darstellungsmethode, die aber auf Grund ihrer theoretischen Komplexität dem Schüler nur als black-box-Verfahren mitgeteilt werden kann?

— Aufwand:

Welche Geräte und Chemikalien sind notwendig (und vorhanden)? Wie lange dauert die Vorbereitung? Steht der Aufwand in einem angemessenen Verhältnis zum Verwendungszweck?

— Gefährlichkeit:

Sind besondere Sicherheitsvorkehrungen notwendig? Kann der Versuch u. U. von den Schülern selbst durchgeführt werden? Ist ein Abzug notwendig? Reagiert das Gas aggressiv? Ist das Gas giftig?

— Eignung als Schüler- oder Schülergruppenversuch:

Dieses Kriterium hängt eng mit den drei vorhergehenden zusammen und soll hier nicht näher ausgeführt werden.

Neben diesen allgemeinen Gesichtspunkten sind unserer Ansicht nach noch die folgenden

eher technischen Aspekte für die Bewertung der Gasdarstellungsverfahren von Bedeutung:

— Regulierbarkeit:

Ist die entstehende Gasmenge einstellbar? Kann die Reaktion jederzeit unterbrochen bzw. fortgesetzt werden? Hat die Reaktion eine Anlaufphase? Kann es zu plötzlichen Reaktionen kommen (Verpuffungen o. ä.)?

— Kontinuität der Gasentwicklung:

Kann der Gasstrom eine längere Zeit aufrecht erhalten werden? Können die Ausgangssubstanzen ohne Behinderung der Reaktion ergänzt werden, oder arbeitet das Verfahren diskontinuierlich? Wie reagiert die Anordnung auf Über- oder Unterdruck? Reguliert sich die Reaktion selbst?

— Qualität des Gases:

Ist das entstehende Gas rein, trocken? Kann es leicht gereinigt und getrocknet werden? Welche Beimengungen sind zu erwarten, für welche Reaktionen können diese störend wirken?

Die aufgeführten Bewertungskriterien sind selbst situationsabhängig; die Frage nach der Verständlichkeit z. B. stellt sich sicherlich auf jeder Jahrgangsstufe anders. Trotzdem halten wir eine Anwendung der Kriterien auf die in Abschnitt 5. zusammengestellten Darstellungsverfahren für sinnvoll. Dazu wurde ein Bewertungsschema erstellt, das mit einer bekannten Bewertungsskala [5, S. 222] arbeitet (+ +, +, ○, —, — —). Exemplarisch für die von uns durchgeführte Beurteilung praktisch aller zugänglichen Gasdarstellungsverfahren [6] sollen hier nur die Ergebnisse für Chlorwasserstoff und Ammoniak wiedergegeben werden (Tab. 1).

Das Schema für Chlorwasserstoff z. B. zeigt, daß die Darstellung von HCl-Gas aus NH_4Cl und H_2SO_4 im Kipp'schen Apparat wohl die eleganteste Methode ist; will man jedoch die Bildung von Chlorwasserstoff aus den Elementen behandeln, so ist die Benutzung der Chlorknallgasreaktion, obwohl gefährlicher und nicht steuerbar, vorzuziehen, da sie direkten Aufschluß über die Entstehung des Gases gibt.

Wir sind uns darüber im klaren, daß sowohl die vorliegenden Beispiele als auch eine entsprechende Bewertung von Darstellungsverfahren durch den Lehrer deutlich subjektive Momente beinhalten. Es geht unserer Intention nach jedoch nicht um eine einmalige Klassifizierung einschlägiger Versuche, sondern um ein Instrument, das leicht anwendbar ist, Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren erfaßt und insge-

	Verständlichkeit	Aufwand	Gefährlichkeit	Eignung als Schülerversuch	Regulierbarkeit	Kontinuität der Gasentwicklung	Qualität
Chlorwasserstoff							
G Erhitzen von konz. Salzsäure	++	++	○	○	○	-	-
G Zutropfen von konz. Schwefelsäure zu konz. Salzsäure	+	+	-	-	+	+	+
G Umsetzung von Chloriden mit halbkonz. Schwefelsäure	+	+	-	-	+	+	+
K Umsetzung von Chloriden mit halbkonz. Schwefelsäure	+	○	-	-	++	++	+
S Synthese aus den Elementen (Chlorknallgasreaktion)	++	-	---	---	---	---	○
Ammoniak							
G Erhitzen einer konz. Ammoniaklösung	++	++	○	○	○	-	-
G Zutropfen von konz. Ammoniak zu festem Natriumhydroxid	+	+	○	-	+	+	+
G Umsetzung von Ammoniumsalzen mit schwerflüchtigen Basen	+	+	○	-	+	+	+
S Synthese aus den Elementen (Haber-Bosch-Verfahren)	++	---	-	---	---	---	+
G Reduktion von Nitraten in alkalischer Lösung	---	○	○	-	-	-	○

samt eine begründete Auswahl von Gasdarstellungsverfahren im Unterricht fördert.

Tabelle 1: Bewertung der Darstellungsverfahren von Chlorwasserstoff und Ammoniak

Literatur

- [1] K. Sommer: Chemie in Übersichten, Aulis Verlag Deubner, Köln 1976
 [2] A. F. Holleman, E. Wiberg: Lehrbuch der anorganischen Chemie, de Gruyter-Verlag, Berlin 1960
 [3] H. Stapf, E. Rossa: Chemische Schulversuche I, Verlag Harri Deutsch, Zürich, Frankfurt, Thun, Lizenzausgabe 1976
 [4] K. H. Cuny: Einführung in die Chemie, Verlag Julius Beltz, Weinheim, Berlin, Basel 1970
 [5] J. v. Koolwijk, M. Wicken-Mayser: Techniken empirischer Sozialforschung, München 1976, Bd. 5, S. 222

[6] K. Hannawald: Staatsexamensarbeit, Kassel 1977 (unveröffentlicht).

Weitere Literaturhinweise zur Gasdarstellung

- G. Bauer: Handbuch der präparativen anorganischen Chemie, F. Enke Verlag, Stuttgart 1960
 G. Jander, E. Blasius: Lehrbuch der analytischen und präparativen anorganischen Chemie, S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1970
 K. Häusler, H. Rampf: 270 chemische Schulversuche, Oldenbourg-Verlag, München 1976

Naturwissenschaften im Unterricht

Zeitschrift für die Unterrichtspraxis der Sekundarstufe I

Physik/Chemie

Herausgeber: Prof. Dr. Wolfgang Bleichroth (Geschäftsführender Herausgeber Physik), Göttingen; Prof. Dr. Heinz Schmidkunz (Geschäftsführender Herausgeber Chemie), Dortmund; Wiss. ORat Dr. Reinders Duit, Kiel; OstDir. Karl Häuser, München; StDir. Martin Volkmer, Hamburg.

Schriftleiter: Dr. Gottfried Merzyn, Göttingen.

Einsendungen von Beiträgen für Physik sind an den Geschäftsführenden Herausgeber Physik zu richten; Einsendungen von Beiträgen für Chemie an den Geschäftsführenden Herausgeber Chemie; alle sonstigen Einsendungen an den Schriftleiter. Hinweise zur Manuskriptgestaltung beim Schriftleiter erhältlich.

Anschriften: Prof. Dr. Wolfgang Bleichroth, Wartburgweg 12, 3400 Göttingen. Prof. Dr. Heinz Schmidkunz, Obermarkstr. 125, 4600 Dortmund 30. Dr. Gottfried Merzyn, Päd. Hochschule, Waldweg 26, 3400 Göttingen.

Biologie

Herausgeber: Prof. Dr. Hans Grupe (Geschäftsführender Herausgeber), Göttingen; StDir. Wolf-Dieter Bojunga, Frankfurt; Realschulkonrektor Erich Mohn, Gammertingen; Fachleiter Eitel-Friedrich Scholz, Dinslaken.

Schriftleiter: Akad. Oberrat Dr. Volker Naroska, Göttingen.

Einsendungen für die Rubriken Berichte und Lehr- und Lernmittel sowie von Rezensionsexemplaren an den Schriftleiter erbeten; alle übrigen Einsendungen von Beiträgen und weitere den Inhalt der Zeitschrift betreffende Mitteilungen sind an den Geschäftsführenden Herausgeber zu richten. Hinweise zur Manuskriptgestaltung beim Schriftleiter erhältlich.

Anschrift des Geschäftsführenden Herausgebers: Prof. Dr. Hans Grupe, Charlottenburger Str. 19A, 3400 Göttingen-Geismar. Anschrift des Schriftleiters: Akad. Oberrat Dr. Volker Naroska, Fichtenweg 10, 3414 Hardegsen.

FEBRUAR 1979 HEFT 2 27. JAHRGANG

Physik/Chemie (NiU-P/C)

ISSN 0340-5479

Beiträge

U. Maichle: Schemata als Organisationsprinzipien beim Erwerb physikalischer Inhalte aus dem Bereich der Elektrizitätslehre	33
W. Jung: Schülervorstellungen in Physik	39
H. Kaiser, R. Müsgens, M. Zindel: Die äußeren Bedingungen des Physikunterrichts an Gymnasien	47
L. Stäudel, H. Wöhrmann: Gasdarstellungsverfahren im Chemieunterricht	51
F. Harisch: Mehr rechnen im Chemieunterricht!	57
W. Köhler: Einfache quantitative Versuche zum Gesetz der festen Massenverhältnisse	60
Kurze Nachrichten	46
Zeitschriftenrundschau	62
Kurzfassung der Beiträge	III

Biologie (NiU-B)

ISSN 0342-5487

Beiträge

F. Bukatsch: Die Gärungen der Mikroorganismen (Kohlenhydrate als Energiequelle I)	33
M. Rademacher: Winterstarre als Überwinterungsform bei Fischen — eine Unterrichtsstunde im 5. Schuljahr der Orientierungsstufe	38
H. Thiessen: Die Herzaktion — Veranschaulichung im Unterricht	45
H. Pfeil: Ackerschachtelhalm: Unkraut — Reinigungs- und Heilmittel	49
H. Pfeil: Muskelkater	50
H. Thiessen: Untersuchungen und Versuche am Schweineherzen	51
W.-D. Langhanke: Experimente zur klassischen und instrumentellen Konditionierung (1. Teil)	54
Lehrmittel und Medien	
R. Hübner: Spiele zum Umweltschutz — eine kritische Bestandsaufnahme	57
Zeitschriftenrundschau	61
Bücher	63
In Vorbereitung	64
Kurzfassung der Beiträge	III

Beilagenhinweis: Der Gesamtauflage liegt ein Prospekt des AULIS VERLAGS DEUBNER & CO KG, Köln bei. Eine Teilaufgabe enthält einen Prospekt der Firma OLYMPUS sowie drei weitere Prospekte des AULIS VERLAGS DEUBNER & CO KG, Köln.